

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Sanje Čulubrk za izradu doktorske disertacije

Odlukom br. 35 / 386 od 18. 12. 2014. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Sanje Čulubrk za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „**SINTEZA, OPTIČKA I TERMOMETRIJSKA SVOJSTVA NANOČESTICA GADOLINIJUM-TITANATA I LUTECIJUM-TITANATA DOPIRANIH JONIMA RETKIH ZEMALJA**”.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. Biografski podaci

Master fizikohemičar Sanja Čulubrk je rođena 16.08.1985. godine u Vinkovcima, Republika Hrvatska. Osnovnu i srednju školu je završila u Beogradu. Školske 2004/05. godine upisala je osnovne studije na „Fakultetu za fizičku hemiju“, Univerziteta u Beogradu. Diplomirala je 05. 04. 2011. godine sa prosečnom ocenom 8,23 i sa ocenom 10 na diplomskom ispitu sa temom „*Termička stabilnost amorfne legure $Fe_{75}Ni_2Si_8B_{13}C_2$* ”. Master studije upisala je školske 2010/2011. na „Fakultetu za fizičku hemiju“, Univerziteta u Beogradu i završila ih 23. 12. 2011. godine sa prosečnom ocenom 9,20 i sa ocenom 10 na master ispitu sa temom „*Uticaj temperature na stabilnost amorfne legure $Fe_{75}Ni_2Si_8B_{13}C_2$* ”.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

U oktobru 2012. godine upisala je doktorske studije na „Tehnološko metalurškom fakultetu“, Univerziteta u Beogradu, na katedri za neorgansku hemijsku tehnologiju pod rukovodstvom profesora dr Đorđa Janačkovića.

U okviru doktorskih studija položila je sve ispite predviđene planom i programom, uključujući i završni ispit, postigavši sledeće ocene:

Predmet	Ocena	ESPB
1. Termodinamika čvrstog stanja	10	5
2. Odabrana poglavlja matematičke analize	9	5
3. Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	10	6
4. Metode karakterizacije keramičkih i staklastih materijala	10	4
5. Hemijska kinetika	9	5
6. Teorijski osnovi keramike i stakla	10	5

7. Fizičko-mehanička ispitivanja materijala (viši kurs)	10	4
8. Struktura i svojstva kompozitnih materijala	10	5
9. Procesiranje i rast monokristala materijala za elektroniku	10	4
10. Niskotemperaturni keramički procesi	10	4
11. Fizička hemija polimera	10	4
12. Završni ispit	10	30

Od maja 2013. godine zaposlena je u Institutu za nuklearne nauke "Vinča", laboratorija za radijacionu hemiju i fiziku "Gama", u grupi dr Miroslava Dramićanina. Angažovana je na projektu III45020 „Materijali redukovane dimenzionalnosti za efikasnu apsorpciju svetlosti i konverziju energije“, čiji je rukovodilac dr Jovan Nedeljković, naučni savetnik u Institutu za nuklearne nauke "Vinča". U zvanje istraživač saradnik izabrana je 22. 05. 2014. godine.

Objavljeni naučni radovi i saopštenja kandidata:

Radovi objavljeni u međunarodnim časopisima (M21, M22)

1. **Ćulubrk S.**, Antić Ž., Marinović-Cincović M., Ahrenkiel P.S., Dramićanin M.D.: *Synthesis and luminescent properties of rare earth (Sm^{3+} and Eu^{3+}) doped $Gd_2Ti_2O_7$ pyrochlore nanopowders*, Optical Materials, Vol 37, 2014, pp. 598-606, ISSN: 09253467, IF= 2,075
2. Dramićanin M.D., Antić Ž., **Ćulubrk S.**, Ahrenkiel P.S., Nedeljković J.M.: *Self-referenced luminescence thermometry with Sm^{3+} doped TiO_2 nanoparticles*, Nanotechnology, Vol 25, No 48, 2014, pp. 485501, ISSN: 09574484, IF= 3,672
3. Nikolić M.G., Antić Ž., **Ćulubrk S.**, Nedeljković J.M.: *Temperature sensing with Eu^{3+} doped TiO_2 nanoparticles*, Sensors and Actuators B, Vol 201, 2014, pp. 46-50, ISSN: 09254005, IF = 3,840
4. Lojpur V., **Ćulubrk S.**, Dramićanin M.D.: *Ratiometric luminescence thermometry with different combinations of emissions from Eu^{3+} doped $Gd_2Ti_2O_7$ nanoparticles*, Journal of Luminescence, in press, ISSN: 00222313, IF = 2,367
5. **Ćulubrk S.**, Antić Ž., Lojpur V., Marinović-Cincović M., Dramićanin M.D.: *Sol-gel derived Eu^{3+} -doped $Gd_2Ti_2O_7$ pyrochlore nanopowders*, Journal of Nanomaterials, in press IF = 1,611

Radovi objavljeni u međunarodnim časopisima (M23, M24)

1. **Ćulubrk S.**, Lojpur V., Đorđević V., Dramićanin M.D.: *Annealing and doping concentration effects on $Y_2O_3:Sm^{3+}$ nanopowder obtained by self-propagation room temperature reaction*, Science of Sintering, Vol 45, No 3, 2013, pp. 323-329, ISSN: 0350820X, IF = 0,444
2. **Ćulubrk S.**, Lojpur V., Antić Ž., Dramićanin M.D.: *Structural and optical properties of europium doped Y_2O_3 nanoparticles prepared by self-propagation room temperature reaction method*, Journal of Research in Physics, Vol 37, No 1, 2013, pp. 39-45, doi:10.2478/jrp-2013-0004 ISSN: 1450-7404

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini (M63)

1. Antić Ž., Lojpur V., Krsmanović R.M., Medić M., **Ćulubrk S.**, Nikolić M.G., Dramićanin M.D.: *Tomografska svojstva Eu^{3+} i Sm^{3+} dopiranog Lu_2O_3 nanofosfora*, ETRAN 2013, Zlatibor 2013, Srbija, str. 74.

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu (M64)

1. **Ćulubrk S.**, Antić Ž., Lojpur V., Dramićanin M.D.: *Luminescentna svojstva nanočestica $Gd_2Ti_2O_7$ dopiranih trovalentnim jonima Eu i Sm*, Sedma radionica fotonike, Kopaonik 2014, Srbija, str. 14.

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. **Ćulubrk S.**, Lojpur V., Medić M., Dramićanin M.D.: *Eu^{3+} doped $Gd_2Ti_2O_7$ nanoparticles as a luminescence thermometry probes*, International Conference on testing and measurement: techniques and applications, Phuket island, Thailand 2015., pp. 7.
2. Lojpur V., Milićević B., Medić M., **Ćulubrk S.**, Dramićanin M.D.: *Temperature sensing from luminescence of Eu^{3+} doped $YAlO_3$ ceramics*, International Conference on testing and measurement: techniques and applications, Phuket island, Thailand 2015., pp. 7.

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. **Ćulubrk S.**, Lojpur V., Matović B., Medić M., Nikolić M.G., Dramićanin M.D.: *Effects of annealing on structure and luminescent properties of $Y_2O_3: Eu^{3+}$ nanoparticles prepared by self-propagating room temperature reaction*, Physics Conference TIM-12, Timisoara 2012, pp. 123.
2. **Ćulubrk S.**, Nikolić M.G., Lojpur V., Dramićanin M.D.: *Synthesis of Eu and Sm doped Y_2O_3 nanophosphors by room temperature self-propagating reaction*, International Conference functional materials and nanotechnologies, Tartu 2013, PO-25.
3. **Ćulubrk S.**, Lojpur V., Đorđević V., Dramićanin M.D.: *Annealing and doping concentration effects of $Y_2O_3: Sm^{3+}$ nanopowder obtained by self-propagating room temperature reaction*, The Serbian Ceramic Society Conference Advance Ceramics and Application, Serbian Academy of sciences and Arts, Belgrade 2013, pp. 41.
4. Dramićanin M.D., Nikolić M.G., **Ćulubrk S.**, Nedeljković J.M.: *Thermometry at the nanoscale with $TiO_2:Eu^{3+}$ nanoparticles*, Second NANOSMAT-USA Conference, Rice University, Houston, Texas, USA 2014, pp. 67.
5. **Ćulubrk S.**, Antić Ž., Lojpur V., Dramićanin M.D.: *Synthesis and luminescence of Sm^{3+} doped $Gd_2Ti_2O_7$* , Second NANOSMAT-USA Conference, Rice University, Houston, Texas, USA 2014, pp. 69.
6. Medić M., Antić Ž., Lojpur V., **Ćulubrk S.**, Dramićanin M.D.: *Synthesis, structure and luminescent properties of undoped and Eu^{3+} -doped Mg_2TiO_4 nanoparticles*, Second NANOSMAT-USA Conference, Rice University, Houston, Texas, USA 2014, pp. 70.
7. **Ćulubrk S.**, Antić Ž., Ahrenkiel P.S., Dramićanin M.D.: *Luminescence properties of rare earth doped $Gd_2Ti_2O_7$ nanoparticles*, IEEE Nanotechnology materials and devices conference, Aci Castello, Italy 2014, pp. 35.
8. Jovanović D., **Ćulubrk S.**, Gavrilović T., Medić M., Lojpur V., Dramićanin M.D.: *Synthesis and luminescence properties of colloidal $GdVO_4: Re^{3+}$ ($Re^{3+} = Eu^{3+}, Dy^{3+}, Nd^{3+}$)*, PACCON Pure and applied chemistry international conference 2015, Bangkok, Thailand 2015, pp. 210.
9. Lojpur V., **Ćulubrk S.**, Medić M., Antić Ž., Dramićanin M.D.: *Effect of Eu^{3+} dopant concentration on structural and luminescence properties of SrY_2O_4 nanocrystalline*

phosphor, PACCON Pure and applied chemistry international conference 2015, Bangkok, Thailand 2015, pp. 210.

10. **Ćulubrk S.**, Lojpur V., Medić M., Dramićanin M.D.: *Synthesis and luminescent properties of Dy^{3+} and Tm^{3+} doped $Gd_2Ti_2O_7$* , PACCON Pure and applied chemistry international conference 2015, Bangkok, Thailand 2015, pp. 211.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada Sanja Ćulubrk, master fiziko-hemičar, pokazala je sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Do sada je objavila 7 radova u međunarodnim časopisima sa SCI liste. Iz oblasti doktorske disertacije je objavila 3 štampana naučna rada u vrhunskim međunarodnim časopisima i 14 saopštenja na međunarodnim i domaćim skupovima, što ukazuje na veoma kvalitetan rad, pa tako ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Predmet doktorske disertacije su pirohlorni materijali na bazi gadolinijum-titanata i lutecijum-titanata dopirani jonima retkih zemalja. Ova disertacija ima za cilj sintezu luminescentnih materijala različitim metodama sinteze, kao i ispitivanje strukturnih, morfoloških i optičkih svojstava dobijenih prahova.

Primena pirohlornih materijala je vrlo značajna za izradu luminescentnih lampi, optičkih vlakana, displeja, biomedicinskih markera, laserskih i LED dioda, itd. Široka primena je posledica dopiranja pirohlornih materijala jonima retkih zemalja koji omogućavaju efikasnu emisiju fotona u vidljivom i bliskom infracrvenom delu spektra elektromagnetnog zračenja. Odlična hemijska stabilnost, jaka emisija i druga fizičko-mehanička svojstva čine pirohlorne materijale prilagodljivim i obećavajućim izvorom za proizvodnju velikog broja optičkih uređaja [1]. Materijali na bazi gadolinijum-titanata i lutecijum-titanata imaju interesantna luminescentna i magnetna svojstva i lako se mogu dopirati [2]. Za optička svojstva ovih elemenata su odgovorni dopantni joni, odnosno njihovi 4f elektroni koji predstavljaju valentne elektrone. Dopantni joni zamenjuju jone domaćina u rešetki, čime se menjaju spektralne karakteristike matrice [3]. Gadolinijum-titanati i lutecijum-titanati koji sadrže retke zemlje pokazuju florescentno ili fosforescentno ponašanje zbog čega mogu imati primenu kao izvori svetlosti.

Upotreba ovih materijala kao temperaturskih senzora u poslednje vreme postala je veoma interesantna. Da bi temperaturski senzor imao zadovoljavajuće karakteristike neophodno je odabrati odgovarajući aktivatorski jon i matricu. Materijali specijalno dizajnirani za merenje temperature nazivaju se termografski fosfori ili termofosfori. Oni se mogu upotrebiti u kontaktnim ili nekontaktnim metodama. Promenom temperature dolazi do promene luminescentnih svojstava ovih materijala. Intenzitet emisije, talasna dužina ili vreme života određenog prelaza može biti iskorišćeno za merenje temperature. Određenim hemijskim sintezama moguće je napraviti materijale nanometarskih dimenzija, reda nekoliko desetina

nanometara [4-6]. Ubacivanjem ovih nano čestica u biloške uzorke, moguće je veoma precizno meriti njihovu temperaturu [7].

Jedan od ciljeva ove disertacije je da se razviju i optimizuju različite metode sinteze, a sa ciljem da se dobiju luminescentni prahovi na bazi gadolinijum-titanata i lutecijum-titanata dopirani jonima retkih zemalja. Takođe, ispitiće se i uticaj veličine čestica na luminescentna svojstva, jer se svojstva nanostrukturnih materijala često drastično razlikuju od svojstava odgovarajućeg kompaktnog materijala, i kao takvi imaju veću primenu. Luminescentni nanoprahovi na bazi gadolinijum-titanata i lutecijum-titanata biće sintetisani dvema metodama, modifikovanom Pechini metodom (metodom polimerno kompleksnog rastvora) i sol-gel metodom.

Modifikovana Pechini metoda bazirana je na poliestifikaciji između limunske kiseline i etilen-glikola [8]. Suština ove metode je dobijanje vodenog prekursorskog rastvora soli u koji se dodaje vodorastvorni polimer. Uklanjanjem viška vode polimerni lanci postaju sve bliži što povećava verovatnoću njihovog međusobnog umrežavanja. Nasumično umrežavanje polimernih lanaca zadržava molekule vode u rastućoj trodimenzionalnoj mreži prevodeći sistem u gel. Zagrevanje dobijenog gela na temperaturi od 350⁰C dovodi do paljenja, a dodatnim termičkim tretmanom nastaju fini nanoprahovi. Sol-gel predstavlja jednu od hemijskih metoda sinteze prahova iz tečne sredine, koja ima široku primenu u oblasti nauke i inženjerstva materija. Sol, stabilna disperzija koloidnih čestica ili polimernih vrsta u tečnom medijumu, predstavlja prekursor za integrisanu mrežu diskretnih čestica – gel [9]. Ovakvom sintezom materijala, koja se izvodi na sobnoj temperaturi, dobija se materijal željene tvrdoće, optičke transparentnosti, dobre hemijske otpornosti, prilagođene poroznosti i toplotne otpornosti.

Iako je do sada sintetisan širok spektar različitih pirohlornih jedinjenja, u najvećem broju slučajeva ispitivane su strukturne karakteristike, magnetna i električna provodljivost [10], termodinamička svojstva [11], dok je veoma malo posvećeno ispitivanju fotoluminescentnih svojstava gadolinijum-titanatnih i lutecijum-titanatnih nanočestica dopiranih jonima retkih zemalja [12].

Literatura:

- [1] Liu G., Jacquier B., *Spectroscopic Properties of Rare Earths in Optical Materials*. Springer, 2005, Berlin.
- [2] Tanner P.A.: *Some misconceptions concerning the electronic spectra of tri-positive europium and cerium*, Chemical Society Reviews, Vol 42, No 12, 2013, pp. 5090-5101.
- [3] Görrler-Walrand C., Binnemans K., *Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths*. Elsevier, 1998, Amsterdam.
- [4] Lixia L., Bing Y.: *Rare earth titanates ceramics $\text{Na}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}:\text{Pr}^{3+}$ and $\text{Re}_2\text{Ti}_2\text{O}_7:\text{Pr}^{3+}$ ($\text{R} = \text{Gd}, \text{Y}$): sol-gel synthesis, characterization and luminescence*, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, Vol 22, No 6, 2011, pp. 672–678.

- [5] Dharuman N., Berchmans L.J.: *Low temperature synthesis of nano-crystalline gadolinium titanate by molten salt route*, Ceramics International, Vol 39, No 8, 2013, pp. 8767–8771.
- [6] Wen P., Bin H, Yan Ch., Wei-wei H., Li G., Hong-ming Y., Shou-hua F.: *Hydrothermal synthesis and characterization of pyrochlore titanate $R_2Ti_2O_7$ ($R=Gd^{3+}$, Tb^{3+} , Dy^{3+})*, Chemical Research in Chinese Universities, Vol 27, No 2, 2011, pp. 161-165.
- [7] Allison S.W., Gillies G.T.: *Remote thermometry with thermographic phosphors: instrumentation and applications*, Review of Scientific Instruments, Vol 68, No 7, 1997, pp. 2615.
- [8] Kakihana M., Milanova M.M., Arima M., Okubo T., Yashima M., Yoshimura M.: *Polymerized Complex Route to Synthesis of Pure $Y_2Ti_2O_7$ at 750°C Using Yttrium-Titanium Mixed-Metal Citric Acid Complex*, Journal of the American Ceramic Society, Vol 79, No 6, 1996, pp. 1673-1676.
- [9] Lin K.M., Lin C.C., Hsiao C.Y., Li Y.Y.: *Synthesis of $Gd_2Ti_2O_7:Eu^{3+}$, V^{4+} phosphors by sol-gel process and its luminescent properties*, Journal of Luminescence, Vol 127, No 2, 2007, pp. 561–567.
- [10] Kennedy B.J., Hunter B.A., Howard C.J.: *Structural and Bonding Trends in Tin Pyrochlore Oxides*, Journal of Solid State Chemistry, Vol 130, No 1, 1997, pp. 58–65.
- [11] Helean K.B., Ushakov S.V., Brown C.E., Navrotsky A., Lian J., Ewing R.C., Farmer J.M., Boatner L.A.: *Formation enthalpies of rare earth titanate pyrochlores*, Journal of Solid State Chemistry, Vol 177, No 6, 2004, pp. 1858–1866.
- [12] Ting C.C., Chien Y.C., Sung W.F.: *Erbium doping effects on the structural and infrared luminescence properties of $Gd_2Ti_2O_7$ nanocrystals*, Journal of Solid State Science and Technology, Vol 2, No 6, 2013, pp. 105-110.

3. POLAZNE HIPOTEZE

- Poboljšanje optičkih svojstava materijala dobijenih jednostavnim i ekonomičnim metodama sinteze.
- Dodatkom jona retke zemlje u nanostrukturni materijal poboljšava se emisija i vreme života.
- U zavisnosti od izbora dopanta intenzitet emisije kao i boja emitovane svetlosti mogu se menjati.
- Koncentracija dopanta ima veliki uticaj na intenzitet emitovane svetlosti i vreme života.
- Istraživanjem morfologije i strukture sa luminescentnim karakteristikama omogućiće dobijanje materijala ciljane morfologije za željenu primenu.

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Dobijanje fosforescentnih čestica je od posebnog značaja za materijale sa primenom u optoelektronskim uređajima. Prahovi će biti sintetisani odgovarajućim metodama sinteze, kao što su Pechini metoda sinteze i sol-gel metoda. Metode karakterizacije koje će se koristiti u okviru ove doktorske disertacije su sledeće: određivanje faznog sastava difrakcijom X-zraka

(XRD); morfološke i hemijske karakteristike prahova će se odrediti korišćenjem skenirajuće i transmisiona elektronske mikroskopije (SEM/EDS, TEM/EDS); optička svojstva analiziraće se vidljivom i infracrvenom spektroskopijom. Funkcionalna karakterizacija će biti određena fotoluminescentnim ispitivanjima koja će obuhvatiti emisione spektre i određivanje vremena života emisije na sobnoj temperaturi, kao i na višim temperaturama.

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Na osnovu predloženog plana istraživanja može se očekivati sledeći naučni doprinos:

1. Očekuje se doprinos u razvoju sintetskih postupaka za dobijanje pirohlornih materijala na bazi gadolinijum-titanata i lutecijum-titanata u kojima su dopantski joni retkih zemalja homogeno ugrađeni u strukturu materijala;
2. Odrediće se optimalni uslovi procesa dobijanja gadolinijum-titanata i lutecijum-titanata dopiranih jonima retkih zemalja za nove primene ovih materijala, poput luminescentne termometrije;
3. Odrediće se apsolutna i relativna senzitivnost luminescentnog merenja temperature koja koristi kao temperaturski senzor gadolinijum-titanat i lutecijum-titanat dopiran jonima retkih zemalja;
4. Odrediće se optimalne koncentracije jona aktivatora pri kojima se dobija maksimalni intenzitet emisije;
5. Detaljno će se analizirati kinetika emisije aktivatorskih jona u nanoprahovima gadolinijum-titanata i lutecijum-titanata.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

Predmet rada doktorske disertacije je sinteza, optička i termometrijska svojstva nanočestica gadolinijum-titanata i lutecijum-titanata dopiranih jonima retkih zemalja. Ispitaće se dve metode sinteze, modifikovana Pechini metoda i sol-gel metoda, korišćenjem različitih jona retkih zemalja. Ispitivaće se struktura sintetisanih prahova, uticaj procesnih parametara različitih sinteza na morfologiju prahova i uticaj različitih dopanata na optička i luminescentna svojstva.

U doktorskoj disertaciji će biti obrađena sledeća poglavlja: *Uvod*, *Teorijski deo*, *Eksperimentalni deo*, *Rezultati i diskusija*, *Zaključak i Literatura* (posle svakog poglavlja).

U *Uvodu* će biti definisan predmet rada, istaknut značaj istraživanja, motivacija, doprinos i aktuelnost.

Poglavljje *Teorijski deo* obuhvatiće:

- Luminescencija: definicija, tipovi
- Fotoluminescencija, fluorescencija i fosforescencija
- Elektronske konfiguracije jona retkih zemalja, interakcije
- Dozvoljeni i nedozvoljeni elektronski prelazi, selekciona pravila, intenziteti elektronskih prelaza
- Svojstva jona europijuma

- Svojstva jona samarijuma
- Svojstva pirohlornih jedinjenja na bazi retkih zemalja
- Metode sinteze $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ i $\text{Lu}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$
- Metode karakterizacije $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ i $\text{Lu}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$
- Luminescentna termometrija

Poglavlje *Eksperimentalni deo* obuhvatiće sledeće:

- Opis procedura za sintezu prahova $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ i $\text{Lu}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$
- Modifikovana Pechini metoda polimerno-kompleksnog rastvora
- Sol-gel metoda sinteze
- Opis eksperimentalnih procedura korišćenih za karakterizaciju materijala
- Termalna analiza dobijenog materijala
- Rendgeno strukturna analiza
- Skanirajuća elektronska mikroskopija (SEM)
- Transmisiona elektronska mikroskopija (TEM)
- Spektroskopska karakterizacija materijala
- Luminescentna merenja u funkciji temperature

U okviru *Rezultata i diskusije* biće razmatrana:

- Struktura i morfologija sintetisanih prahova
- Poređenje uzoraka $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ i $\text{Lu}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ dobijenih različitim metodama sinteze
- Optička svojstva
- Luminescentna svojstva
- Poređenje strukturnih, morfoloških i optičkih karakteristika
- Temperaturna zavisnost emisije

U *Zaključku* će biti sumirani dobijeni rezultati izvedeni na osnovu prikazanih istraživanja i predstavljene moguće primene sintetisanih materijala.

Literatura će sadržati navode citirane u disertaciji kao i radove koji su proistekli istraživanjem u okviru ove doktorke disertacije.

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu izloženog Komisija smatra da je tema „SINTEZA, OPTIČKA I TERMOMETRIJSKA SVOJSTVA NANOČESTICA GADOLINIJUM-TITANATA I LUTECIJUM-TITANATA DOPIRANIH JONIMA RETKIH ZEMALJA“ koju je predložila Sanja Čulubrk, master fizikohemičar, naučno zasnovana i da predstavlja značajan naučni doprinos naučnoj oblasti Tehnološkog inženjerstva, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu da kandidatu Sanji Čulubrk odobri izradu doktorske disertacije pod navedenim naslovom.

Za komentore pri izradi doktorske disertacije predlažu se dr Đorđe Janačković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu i dr Miroslav Damićanin, redovni profesor Fizičkog fakulteta i naučni savetnik Instituta za nuklearne nauke Vinča, Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu 18. 02. 2015.

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Đorđe Janačković, red. prof

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Miroslav D. Damićanin, red. prof

Univerzitet u Beogradu, Fizički fakultet

Naučni savetnik, Institut za nuklearne nauke Vinča

Dr Rada Petrović, red. prof.

Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Vesna Lojpur, Naučni saradnik

Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča

Dr Dragana Jovanović, naučni saradnik,

Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča